บทที่ 3

การศึกษากระบวนการทำงานของโรงพ่นสีฝุ่นตัวอย่าง

ในบทนี้จะแบ่งหัวข้อการศึกษาออกเป็น 4 ส่วนหลัก คือ

- การทำงานของโรงพ่นสีฝุ่น
- กระบวนการเคลือบฟอสเฟต
- การเตรียมน้ำยาในกระบวนการ
- กระบวนการพ่นสี

3.1 การทำงานของโรงพ่นสีฝุ่น

ในการผลิตสินค้าของโรงงานตัวอย่าง พัดลมและมอเตอร์อุตสาหกรรมอาจจะมีการเตรียมชิ้นงานด้วยขั้นตอนหลายอย่าง เช่น ปั๊มขึ้นรูป, การเชื่อม, การเจียรนัย, การกลึงไส ฯลฯ สำหรับชิ้นงานที่อยู่ภายนอกโดยเฉพาะโครงสร้างด้านนอกจำเป็นต้องพ่นสี ซึ่งกระบวนการพ่นสีชิ้นงานเป็นกระบวนการต่อจากการขึ้นรูปชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ ซึ่งชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการพ่นสีนี้ออกไปจะเข้าไปสู่สายการประกอบ (Assembly Line) เพื่อประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปต่อไป กระบวนการพ่นสีค่อนข้างจะมีความสำคัญ เพราะสีสรรและความสวยงามเป็นสิ่งดึงดูดใจของลูกค้าต่อผลิตภัณฑ์ที่มีภาวะการแข่งขันทางตลาดค่อนข้างสูง ถ้าสีสรรไม่สวยงามและขาดความสม่ำเสมอแน่นอนของสี อาจจะทำให้ลูกค้าลังเลใจคิดว่าผลิตภัณฑ์อาจผ่านกระบวนการที่ไม่ได้มาตรฐาน หรือเป็นสินค้าที่เกรดต่ำและตัดสินใจไม่ซื้อในที่สุด นอกจากนี้ที่สำคัญก็คือกระบวนการพ่นสีค่อนข้างเกี่ยวข้องกับปัญหามลพิษมากที่สุด ในการทำงานสำหรับโรงงานที่อยู่ในแหล่งชุมชน คือเรื่องของกลิ่นเหม็นของทินเนอร์ซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายสี ในอดีตทางโรงงานพยายามแก้ปัญหานี้โดยมีการดูดและดักกลิ่นแต่ไม่สามารถกำจัดได้หมด

พัดลมไฟฟ้าและมอเตอร์อุตสาหกรรม มีส่วนผิวด้านนอกที่เป็นโลหะซึ่งจะต้องทำการพ่นสีเพื่อให้เกิดความสวยงาม และนอกจากนี้ยังป้องกันสนิมได้อีกด้วย (ชิ้นส่วนของพัดลมไฟฟ้าที่เป็นพลาสติกจะผสมสีเข้าไปในเนื้อพลาสติกโดยตรง) ขณะที่ทำการวิจัยกระบวนการพ่นสีในโรงงานแบ่งออกเป็น 2 แบบ

- กระบวนการพ่นสีน้ำมัน
- กระบวนการพ่นสีฝุ่น

3.1.1. กระบวนการพ่นสีน้ำมัน

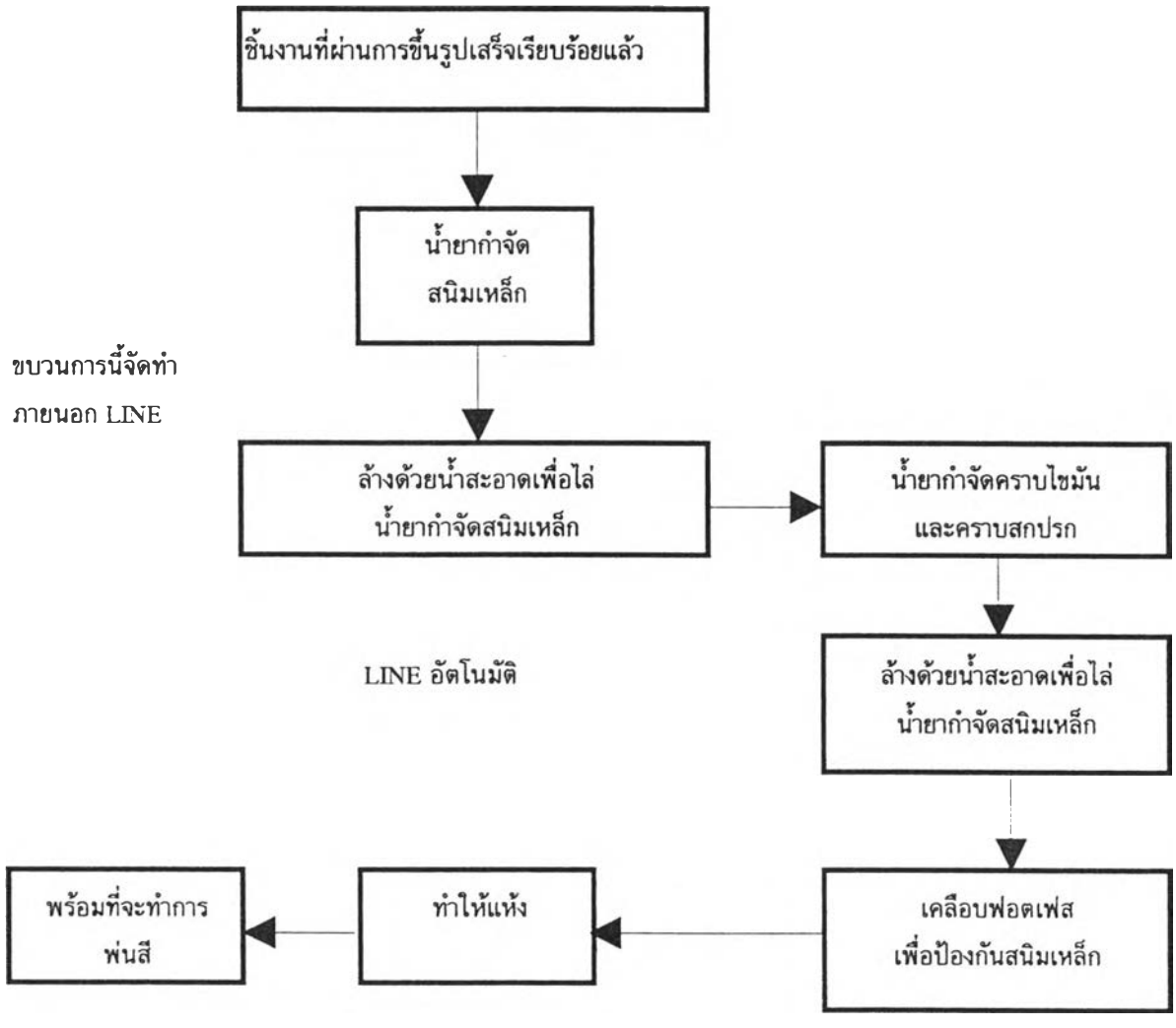
กระบวนการนี้เป็นกระบวนการดั้งเดิมตั้งแต่สร้างโรงงาน หลักการเหมือนกับการพ่นสีอื่น ๆ ทั่วไป คือชิ้นงานที่ผ่านการล้างทำความสะอาดและเคลือบกันสนิมมาแล้ว จะนำมาพ่นสีโดยเนื้อสีใช้ทินเนอร์เป็นตัวทำละลายแล้วพ่นผ่านกาพ่นสีออกไป จากนั้นนำเข้าเตาอบแล้วปล่อยให้เย็น กระบวนการนี้เหมาะกับชิ้นงานที่ไม่ต้องการความสวยงามมากนัก แต่ปัจจุบันมีปัญหาเรื่องกลิ่นของทินเนอร์รบกวนผู้อยู่อาศัยบริเวณใกล้โรงงาน ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ทางโรงงานหันมาใช้สีฝุ่นแทน ข้อดี - ข้อเสียของสีน้ำมันสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ

ข้อดี	ข้อเสีย
- ลงทุนต่ำกว่า	- มีกลิ่นเหม็นและพิษจากทินเนอร์
- มีความยืดหยุ่นในการพ่นสีสูงกว่า	- เก็บรักษายากมีพิษจากสารตะกั่วและติดไฟง่าย
- เกิดข้อผิดพลาดแล้วแก้ไขได้ง่ายกว่า	- คุณภาพของงานสู้สีฝุ่นไม่ได้
- สามารถพ่นชิ้นงานจำนวนน้อย ๆได้	- มีผู้อยู่อาศัยใกล้เคียงร้องเรียนเรื่องสภาพแวดล้อม

3.1.2. กระบวนการพ่นสีฝุ่น

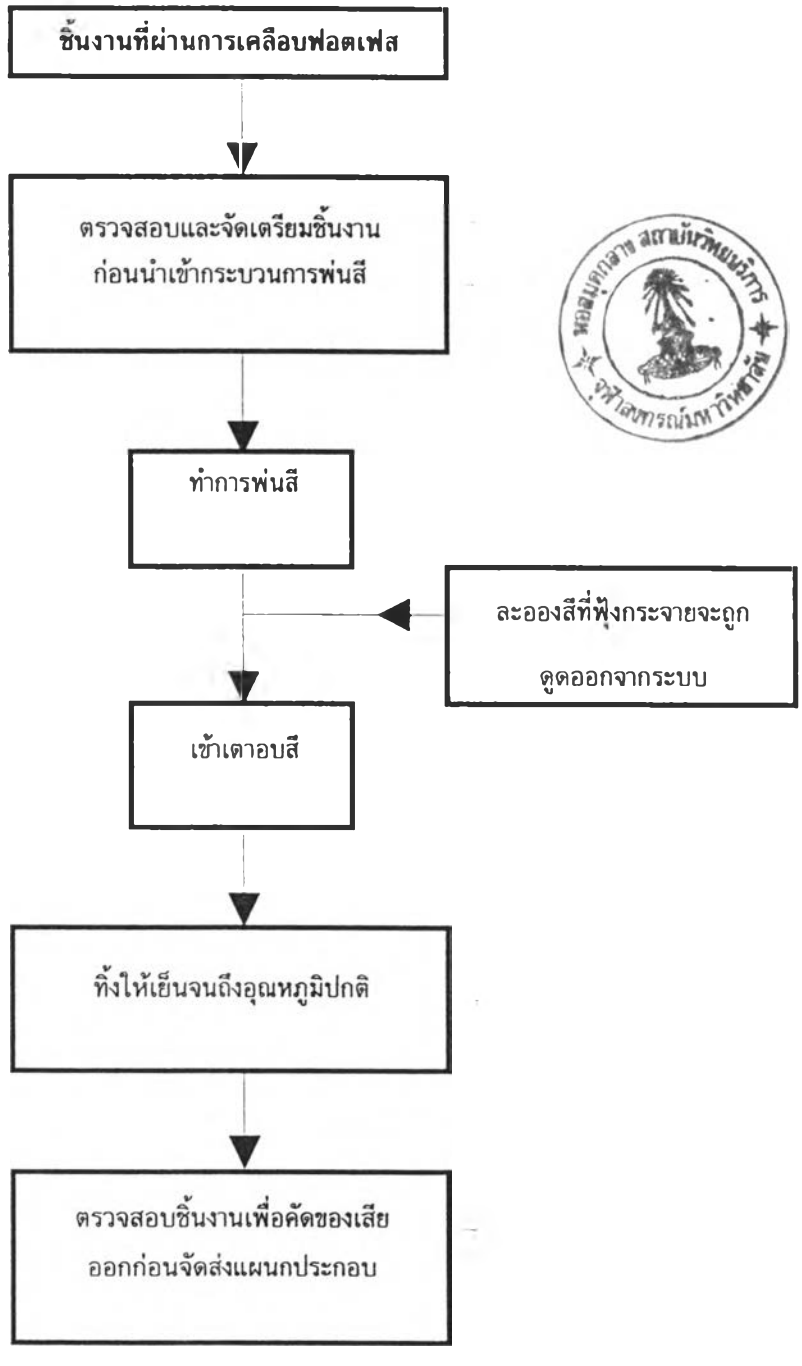
กระบวนการนี้เริ่มนำมาใช้ได้ประมาณ 2 เดือนเศษ นับว่าเป็นกระบวนการพ่นสีแบบใหม่ของโรงงาน ซึ่งอนาคตคาดว่าจะใช้เป็นกระบวนการหลัก มีวิธีการอย่างคร่าว ๆ คือ ชิ้นงานที่ผ่านการล้างและเคลือบกันสนิมแล้ว จะเข้าสู่กระบวนการพ่นสีฝุ่นโดยทำให้ชิ้นงานเกิดศักดาไฟฟ้าต่ำเทียบกับสีหรืออุปกรณ์พ่นสี และนำสีซึ่งมีประจุตรงข้ามพ่นใส่ชิ้นงานฝุ่นสีจะเกาะติดกับชิ้นงานด้วยแรงไฟฟ้า จากนั้นจะไปนำไปอบให้เนื้อสีหลอมเป็นเนื้อเดียวกันแล้วปล่อยให้เย็นตัว กระบวนการนี้เหมาะกับชิ้นงานที่ต้องการความสวยงาม และคาดว่าจะเป็นกระบวนการหลักที่

กระบวนการล้างชิ้นงานก่อนเข้ากระบวนการพ่นสี



รูปที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของการเตรียมชิ้นงานก่อนการพ่นสี

กระบวนการพ่นสีฝุ่น (ในการทำงานจริงจะเป็นสายผลิตอัตโนมัติ)



รูปที่ 3.2 แสดงรายละเอียดของกระบวนการพ่นสีฝุ่น

สำคัญของโรงงานในอนาคต กระบวนการนี้สามารถอธิบายให้เข้าใจอย่างคร่าว ๆ รวมทั้งขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน ได้ตามแผนภูมิรูปที่ 3.1 และ 3.2 ส่วนข้อดีและข้อเสียของสีฝุ่นเป็นดังนี้

ข้อดี	ข้อเสีย
- สีที่ได้สวยงามและทนทานกว่า	- ลงทุนสูง
- มลพิษน้อยกว่าสีน้ำมัน	- มีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนสีน้อย
- เทียบราคาต่อพื้นที่พ่นถูกกว่าและเก็บรักษาง่าย	- คนงานต้องมีประสบการณ์และบริเวณพ่นสีต้องสะอาด

จากที่ล่าวมาช่วงต้นของบทที่ 3 เมื่อทราบถึงข้อดีและข้อเสียของกระบวนการพ่นสีทั้ง 2 วิธีแล้ว เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น ในส่วนต่อไปจะได้อธิบายรายละเอียดของกระบวนการที่เกี่ยวข้องตั้งแต่การเคลือบฟอสเฟตไปจนกระทั่งพ่นสีเสร็จออกมาเป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์ ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 กระบวนการนี้ว่ามีส่วนเหมือนกันจุดใด แตกต่างกันที่จุดใดซึ่งอาจจะใช้ประกอบการตัดสินใจสำหรับผู้ที่กำลังจะลงทุนในการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

3.2 กระบวนการเคลือบฟอสเฟต

การเคลือบฟอสเฟตมีวิธีกระบวนการเคลือบอยู่ 2 วิธี คือ

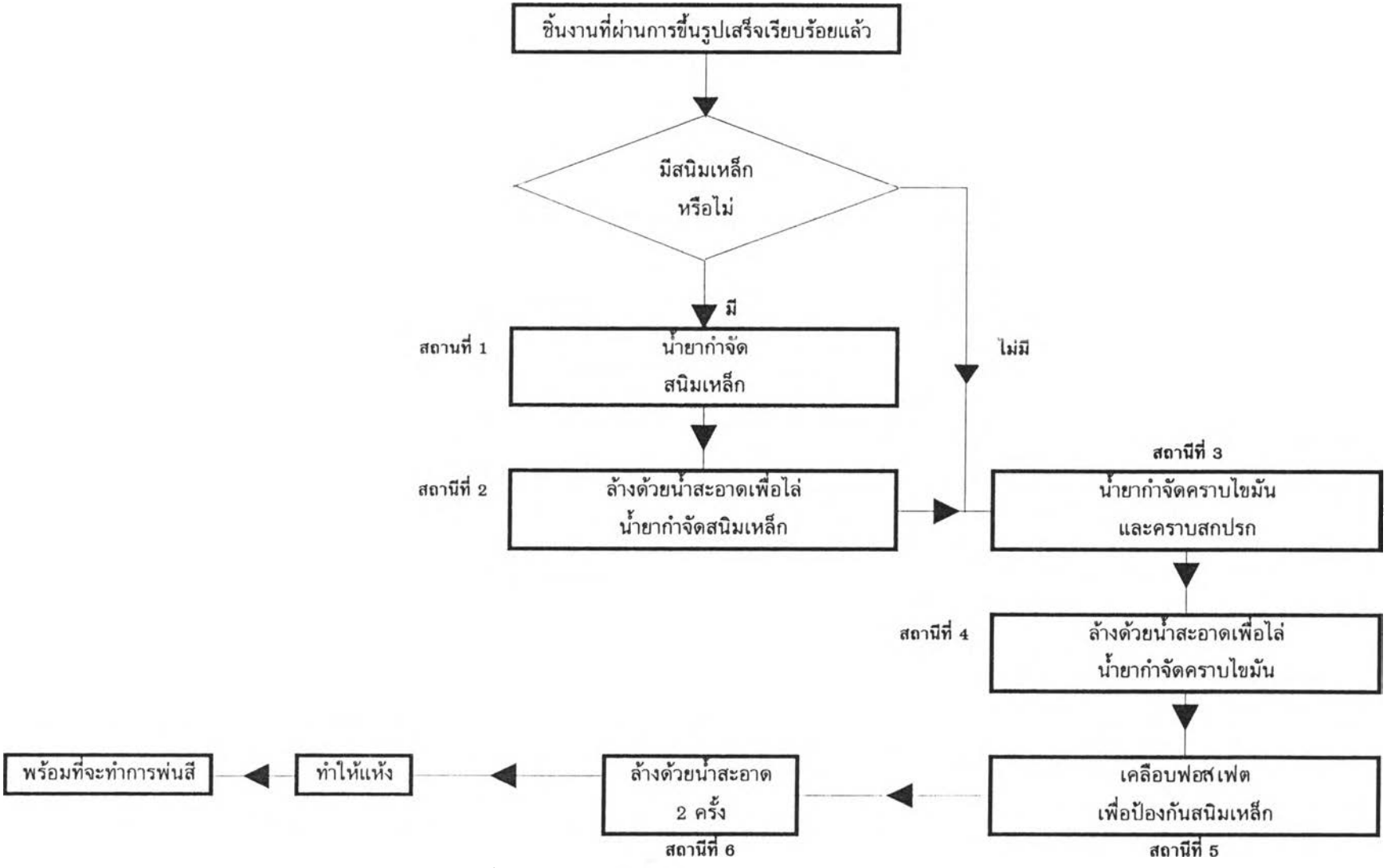
- กระบวนการเคลือบฟอสเฟตแบบธรรมดา
- กระบวนการเคลือบฟอสเฟตแบบอัตโนมัติ

3.2.1 กระบวนการเคลือบฟอสเฟตแบบธรรมดา

ในส่วนของกระบวนการนี้เป็นกระบวนการดั้งเดิมก่อนที่จะมีการใช้สีฝุ่น เป็นกระบวนการที่ยังไม่ทันสมัยมากนัก แต่ใช้ได้ดีหรือยังเป็นที่นิยมสำหรับโรงงานที่มีกำลังการผลิตที่มีปริมาณไม่มากนัก เป็นการเตรียมชิ้นงานก่อนการพ่นสีเพื่อให้ผิวของชิ้นงานเหมาะสมกับการเกาะตัวของสี ทั้งยังเป็นการป้องกันสนิมได้ดี รายละเอียดของกระบวนการเคลือบฟอสเฟตแบบธรรมดาสามารถแสดงได้ ตามแผนภูมิตามรูปที่ 3.3

การทำงานในส่วนของการเคลือบฟอสเฟตแบบธรรมดานั้นจะทำเป็น Batch ซึ่งแต่ละ Batch จะมีชิ้นงานไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับรูปร่างและขนาดของชิ้นงาน ส่วนนี้จะไม่เป็นกระบวนการที่

กระบวนการล้างชิ้นงานก่อนเข้ากระบวนการพ่นสีของสีน้ำมัน



รูปที่ 3.3 แสดงแผนภูมิการเคลือบฟอสเฟตแบบธรรมดา

ไม่ต่อเนื่อง จะเริ่มเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องตั้งแต่กระบวนการพ่นสีน้ำมันซึ่งจะกล่าวถึงภายหลัง จากส่วนนี้ เหตุผลของการทำงานเป็น Batch คงเริ่มจากที่อดีตคงมีกำลังผลิตไม่มากจึงจัดชิ้นงานที่จะเคลือบเป็นกลุ่ม ๆ และเมื่อมีปริมาณงานมากขึ้นจึงค่อย ๆ ขยายออกไปให้สามารถที่จะรองรับงานที่ใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ โดยยังมิได้นำการทำงานเป็นกระบวนการต่อเนื่องมาใช้ แต่ละสถานีที่อยู่ในแผนภูมิตามรูปที่ 3.3 มีความสำคัญ และรายละเอียดดังนี้

สถานีที่ 1 การจำกัดสนิมเหล็ก

ในสภาพการทำงานจริงบางครั้งไม่สามารถควบคุม เรื่องชิ้นงานค้างที่อยู่ในระหว่างการผลิต (Work in Process) ภายหลังการขึ้นรูป ถ้าไม่มีการนำไปเคลือบฟอสเฟตหรือพ่นสี จะเกิดสนิมเกาะที่ผิวหน้าชิ้นงาน และปัญหาเรื่องสนิมนี้จะหนักมากในช่วงหน้าร้อนต่อกับหน้าฝน เนื่องจากอากาศมีความชื้นสูง ถ้าไม่กำจัดสนิมออกจะทำให้ผลการพ่นสีด้อยประสิทธิภาพลง

การกำจัดสนิมเหล็กจะใช้สารละลายกรดเกลือ (HCl) เข้มข้น 5 - 10 % โดยน้ำหนัก หรือเตรียมสารละลายให้ได้ pH ประมาณ 0.5 ก็พอใช้ได้ อุณหภูมิที่ใช้เป็นอุณหภูมิบรรยากาศจุ่มชิ้นงานลงในสารละลาย HCl 5 - 10 นาที จากนั้นจะส่งไปกระบวนการล้างด้วยน้ำสะอาดต่อไป (น้ำที่ผสมกับ HCl อาจจะใช้น้ำประปาหรือ น้ำบาดาลที่สะอาดก็ได้) ภายหลังจาก % ของกรดลดลงหรือ pH เพิ่มขึ้นให้ปรับสภาพโดยเติมกรดลงไป และพยายามกรองเอาเศษผงด้านล่างออกไปทิ้ง เมื่อน้ำยาเสื่อมสภาพหรือกัดสนิมได้ช้ามากให้ถ่ายทิ้งและเตรียมน้ำยาใหม่

สถานีที่ 2 ล้างน้ำไล่กรดเกลือ

ชิ้นงานที่ผ่านการล้างด้วยกรดจะเป็นสนิมได้ง่าย ดังนั้นภายหลังจุ่มในกรดแล้วให้รีบล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อป้องกันผิวหน้าเกิดสนิมขึ้นมาใหม่ น้ำที่ใช้จะเป็นน้ำประปาหรือน้ำบาดาลที่สะอาดก็พอ ส่วนน้ำที่ไหลล้นจากบ่อล้างนี้ให้ทิ้งลงท่อระบายน้ำได้เลย และพยายามเติมน้ำใหม่หมุนเวียนบ่อย ๆ นำชิ้นงานจุ่มในบ่อน้ำล้างประมาณ 3 - 5 นาที ผิวงานที่ได้จะสะอาดปราศจากกรดตกค้าง

สถานีที่ 3 การกำจัดสิ่งสกปรกและคราบไขมัน

ในกระบวนการขึ้นรูปบางครั้งอาจจะมีคราบน้ำมัน สิ่งสกปรกที่อยู่ในเครื่องจักรติดมากับชิ้นงาน หรือพวกฝุ่นละอองในอากาศเกาะชิ้นงานเมื่อทิ้งไว้สักระยะหนึ่ง ดังนั้นจำเป็นต้องกำจัดสิ่งเหล่านี้ออกจากผิวชิ้นงานมิเช่นนั้น จะทำให้สีไม่สามารถเกาะติดกับชิ้นงานได้เมื่อสีสัมผัสกับสิ่ง

สกปรกหรืออาจจะหลุดร่อนได้ง่ายหลังการพ่นสี สารละลายที่ใช้จะมีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งปกติแล้วจะใช้ NaOH เข้มข้นประมาณ 20% หรือ pH = 14 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิที่ใช้ก็เป็นอุณหภูมิบรรยากาศจุ่มชิ้นงานประมาณ 10 นาที แล้วนำขึ้นไปล้างน้ำสะอาด กระบวนการนี้อาจจะข้ามไปได้ถ้าชิ้นงานผ่านการล้างด้วยกรดและมีคราบน้ำมันติดน้อยมาก

สถานีที่ 4 ล้างด้วยน้ำสะอาด

สถานีนี้มีการทำงานและการเตรียมงานเหมือนกับสถานีที่ 2 ในเรื่องของการล้างชิ้นงานด้วยน้ำสะอาดหลังจุ่มในสารเคมี (กรณีที่อยากทราบรายละเอียดให้ย้อนกลับไปดูการทำงานสถานีที่ 2 ที่กล่าวมา)

สถานีที่ 5 การเคลือบฟอสเฟต

ภายหลังจากกำจัดคราบไขมันแล้วปกติจะนำไปจุ่มในบ่อที่มีสารละลายของ ซิงค์ฟอสเฟต ทั้งนี้ก็เพื่อให้สังกะสีในสารละลายทำปฏิกริยากับผิวหน้าโลหะและแทนที่เหล็กที่ผิวชิ้นงาน เนื่องจากสังกะสีมีคุณสมบัติด้านป้องกันสนิมเหล็กได้และยังช่วยรองพื้นก่อนการพ่นสีอีกด้วยซึ่งจะทำให้สีเกาะชิ้นงานได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งในทางปฏิบัติทางผู้ผลิตจะผสมสารเคมีเป็นมาตรฐานในเชิงการค้าไว้แล้ว และมีคู่มือแนะนำการเตรียมสารละลายและการใช้งานกำกับไว้ซึ่งจะสะดวกต่อการใช้งาน ในขั้นตอนการเคลือบฟอสเฟตนี้จะจุ่มชิ้นงานลงไปประมาณ 3 - 5 นาที

สถานีที่ 6 ล้างด้วยน้ำสะอาด

เป็นการล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง การทำงานเหมือนสถานีที่ 2 ต่างกันที่หลังจากล้างครั้งที่ 1 จะนำไปล้างน้ำสะอาดครั้งที่ 2 ต่อไป น้ำที่ไหลล้นของบ่อที่ 2 จะไหลลงสู่บ่อที่ 1 ส่วนน้ำบ่อที่ 1 จะไหลลงสู่ท่อระบายน้ำทิ้งเลย สำหรับน้ำที่ไหลล้นออกจากบ่อหลังจะมีน้ำใหม่จากภายนอกไหลเข้าทดแทนตลอดเวลาการทำงาน ทำให้สภาพของน้ำล้างค่อนข้างคงที่ตลอดเวลา

ในกระบวนการแบบเก่านี้ การนำชิ้นงานจากสถานีหนึ่งไปอีกสถานีหนึ่งจะต้องใช้ยกออกไปทีละ Batch โดยจะทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะจบกระบวนการ ข้อได้เปรียบอย่างหนึ่งของกระบวนการแบบนี้คือ เมื่อเกิดปัญหาจากสถานีใดสถานีหนึ่งสามารถตรวจสอบปัญหาได้ง่ายที่สถานีนั้นเลย และสามารถป้องกันชิ้นงานที่มีปัญหาหลุดไปสู่สถานีอื่นได้ ทำให้การแก้ไขปัญหากระทำได้รวดเร็วและเกิดความเสียหายน้อยกว่า แต่จะมีความลำบากในการทำงานเพราะต้องคอยยก แต่ละ Batch ไปสู่สถานีถัดไป ประสิทธิภาพต่ำมากเมื่อเทียบกับกระบวนการ

อัตโนมัติและคุณภาพของชิ้นงานจะไม่สม่ำเสมอ ทั้งนี้ถ้ากระบวนการอัตโนมัติควบคุมคุณภาพได้ดี ชิ้นงานจะมีคุณภาพสม่ำเสมอกันดีกว่าเมื่อเทียบกับการทำงานแบบ Batch

3.2.2 กระบวนการเคลือบฟอสเฟตแบบอัตโนมัติ

การปรับปรุงกระบวนการพ่นสีโดยใช้สีฝุ่นแทนสีน้ำมันพบว่า ในกระบวนการพ่นสีฝุ่นจะมีอัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 2-3 เท่าตัวเมื่อเทียบกับสีน้ำมัน ดังนั้นกระบวนการเคลือบฟอสเฟตแบบธรรมดาคงจะรองรับปริมาณงานที่เพิ่มขึ้นไม่พอเพียง และสีฝุ่นต้องการการเคลือบฟอสเฟตที่ดี จึงจำเป็นต้องปรับปรุงกระบวนการนี้ให้ดีขึ้น ซึ่งสามารถทำได้โดยการปรับปรุงให้เป็นกระบวนการอัตโนมัติสามารถอธิบายให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นโดยแผนภูมิตามรูปที่ 3.4

จากแผนภูมิรูปที่ 3.4 จะพบว่าการเคลือบฟอสเฟตเป็นการเคลือบที่อุณหภูมิปกติ ยกเว้นการใช้ความร้อนเพื่อทำให้ชิ้นงานแห้ง สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

<u>จุดโหลดชิ้นงานขึ้นโซ่ลำเลียง</u>

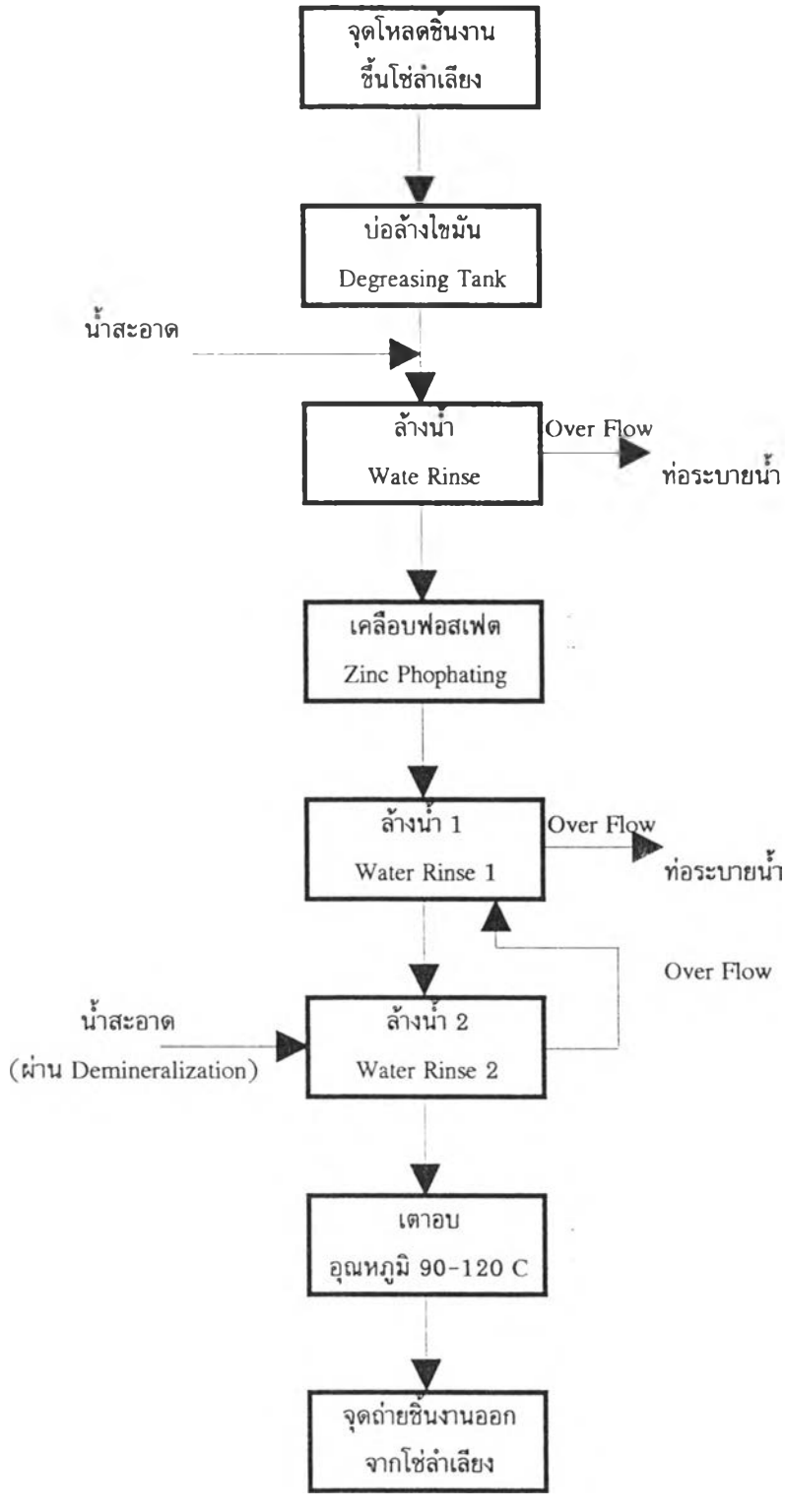
จุดนี้จะเป็นโซ่เปล่าที่มีราวแขวนชิ้นงานผ่านเข้ามา พนักงานจะแขวนชิ้นงานเข้ากับราวเปล่าเหล่านี้เป็นจำนวน 2-5 ชิ้นตามขนาดของชิ้นงาน ถ้าชิ้นงานใหญ่จะใส่น้อย ชิ้นงานเล็กจะใส่มาก จากจุดนี้ชิ้นงานจะถูกลำเลียงด้วยโซ่ ซึ่งสามารถปรับความเร็วได้ เพื่อเพิ่มหรือลดเวลาในการอบชิ้นงานและการสัมผัสกับน้ำยาเคมี ทั้งนี้จะมีผลทำให้เวลาในการนำชิ้นงานขึ้นโซ่ลำเลียงเพิ่มขึ้นหรือลดลงเช่นกัน ตามรูป ที่ 3.5

<u>บ่อล้างไขมัน</u> (Degreasing Tank)

เมื่อชิ้นงานถูกลำเลียงผ่านเข้าเครื่องเคลือบฟอสเฟต โซนแรกที่จะผ่านคือโซนล้างไขมัน ซึ่งภายในจะบรรจุหัวฉีดเป็นจำนวนมาก จะทำการสเปรย์น้ำยาออกมาสัมผัสกับชิ้นงาน น้ำยาที่ใช้คือ ZIP-Clean : 15 โดยจะผสมกับน้ำตามสัดส่วน น้ำยาจะถูกปั๊มอัดออกมาตามหัวฉีดและฉีดสู่ชิ้นงานด้วยความแรง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการชำระล้างไขมัน น้ำยาดังกล่าวจะเป็นมีฤทธิ์เป็นเบส

ภายหลังจากฉีดใส่ชิ้นงานแล้วน้ำยาจะไหลลงไปรวมด้านล่าง และถูกสูบขึ้นมาฉีดใหม่วนเวียนเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ เมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งน้ำยาจะเริ่มเสื่อมสภาพจำเป็นต้องทำการปรับสภาพ

แผนภูมิของการเคลือบฟอสเฟตอัตโนมัติ



รูปที่ 3.4 แสดงแผนภูมิการเคลือบฟอสเฟตอัตโนมัติ

น้ำยาให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานใหม่โดยเติมสารเคมีลงไป ส่วนพวกตะกอนที่ตกค้างจะทำการกรองทิ้งไป

ล้างน้ำ (Water Rinse)

เมื่อผ่านโซนล้างไขมันมาแล้วชิ้นงานจะเข้าสู่โซนล้างน้ำเพื่อกำจัดน้ำยาล้างไขมันออก มิเช่นนั้นอาจจะทำให้ประสิทธิภาพการเคลือบฟอสเฟตลดลง ถ้ามีน้ำยาล้างไขมันตกค้างอยู่ที่ชิ้นงาน ภายในโซนนี้จะเป็นหัวฉีดเช่นเดียวกับโซนล้างไขมันและน้ำจะวนเวียนใช้งานตลอดเวลา ส่วนน้ำที่ไหลล้นจะไหลลงสู่ท่อระบายน้ำออกไป น้ำที่ไหลล้นออกไปจะชดถูกเชยแทนด้วยน้ำสะอาดที่ไหลเข้ามาตลอดเวลา น้ำในโซนนี้ถ้าเริ่มสกปรกจะต้องระบายทิ้งทั้งหมด และเปลี่ยนเอาน้ำใหม่เข้ามาทดแทน

เคลือบฟอสเฟต (Zinc Phosphating)

หลังผ่านโซนล้างน้ำมาแล้วชิ้นงานจะผ่านเข้าโซนเคลือบฟอดเฟต ซึ่งก็จะใช้หัวฉีดทำหน้าที่ฉีดน้ำผสมน้ำยาเคลือบฟอสเฟตเช่นกัน โซนนี้นับว่ามีความสำคัญมากเพราะถ้าการปรับสภาพไม่เหมาะสม หรือน้ำยาขาดคุณสมบัติการเคลือบฟอสเฟตจะมีปัญหาได้ รายละเอียดของปัญหาและวิธีการแก้ไขจะอธิบายให้ทราบในส่วนของปัญหาการเคลือบฟอสเฟตทั้งหมด เช่นกันน้ำยาโซนนี้ก็จะใช้วนเวียนเรื่อย ๆ แต่ภายหลังการใช้งานก็จะปล่อยเข้าถังพักให้ตกตะกอนและเอาเฉพาะน้ำใสกลับเข้าสู่กระบวนการใช้ใหม่ ส่วนตะกอนจะถูกกำจัดทิ้งไป น้ำยาที่ฉีดเข้าไปจะทำปฏิกริยากับชิ้นงานเกิดเป็นฟิล์มชั้นบาง ๆ ของฟอสเฟตเคลือบผิวหน้าชิ้นงานเอาไว้

ล้างน้ำ 1 (Water Rinse 1)

หลักการคล้ายการล้างน้ำในโซนหลังล้างไขมัน ข้อแตกต่างกันก็คือน้ำส่วนเดิมชดเชยได้มาจากน้ำที่ไหลล้นของน้ำล้าง 2 (Water Rinse 2) ที่อยู่ด้านหลังถัดไป ส่วนน้ำที่ไหลล้นของโซนนี้จะไหลลงท่อระบายน้ำทิ้งออกไป ชิ้นงานที่ผ่านการล้างน้ำจากโซนนี้จะยังไม่สะอาดเพียงพอจะต้องผ่านการล้างน้ำอีกครั้ง

ล้างน้ำ 2 (Water Rinse 2)

หลักการก็เหมือนกับล้างน้ำ 1 เพียงแต่น้ำที่นำมาเติมแทนน้ำในส่วนนี้ที่ไหลล้นออกไปจะมาจากน้ำกรองที่สะอาดหรือน้ำ Demineralization ซึ่งจะเป็นน้ำสะอาดมากทั้งนี้ก็เพื่อไล่สิ่งสกปรกที่ตกค้างและน้ำยาเคลือบฟอสเฟตส่วนเกินออก ถ้ามีสิ่งสกปรกหรือคราบน้ำยาฟอสเฟต

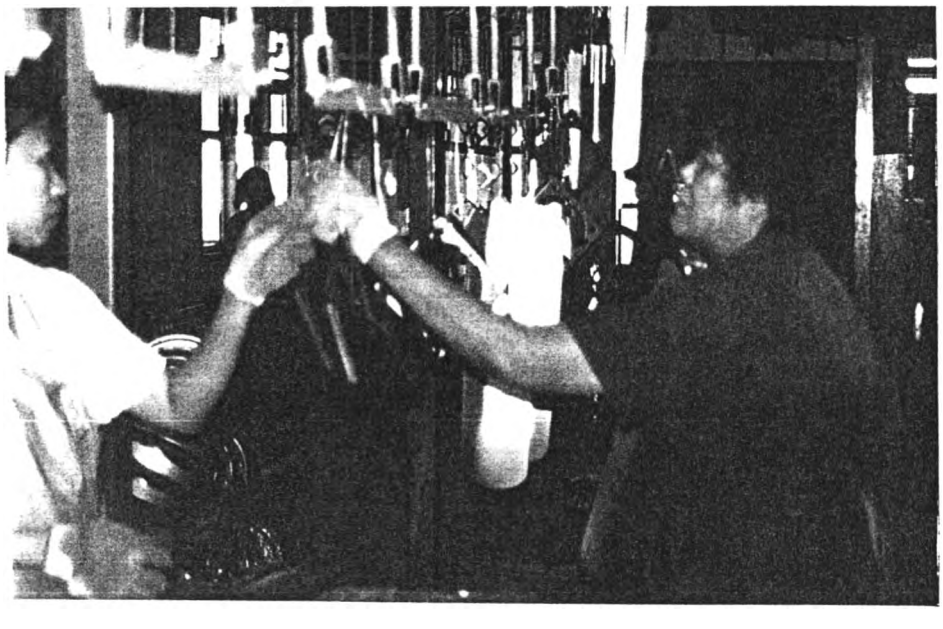
ตกค้างจะทำให้การเคลือบของสีด้อยประสิทธิภาพ หรือสีไม่สามารถเกาะตัวบนชิ้นงานได้ดี ชิ้นงานที่ผ่านการล้างน้ำโซนนี้ออกไป จะมีความสะอาดและสามารถนำไปอบไล่ความชื้น เพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนการพ่นสีต่อไป

เตาอบอุณหภูมิ 90-120° C

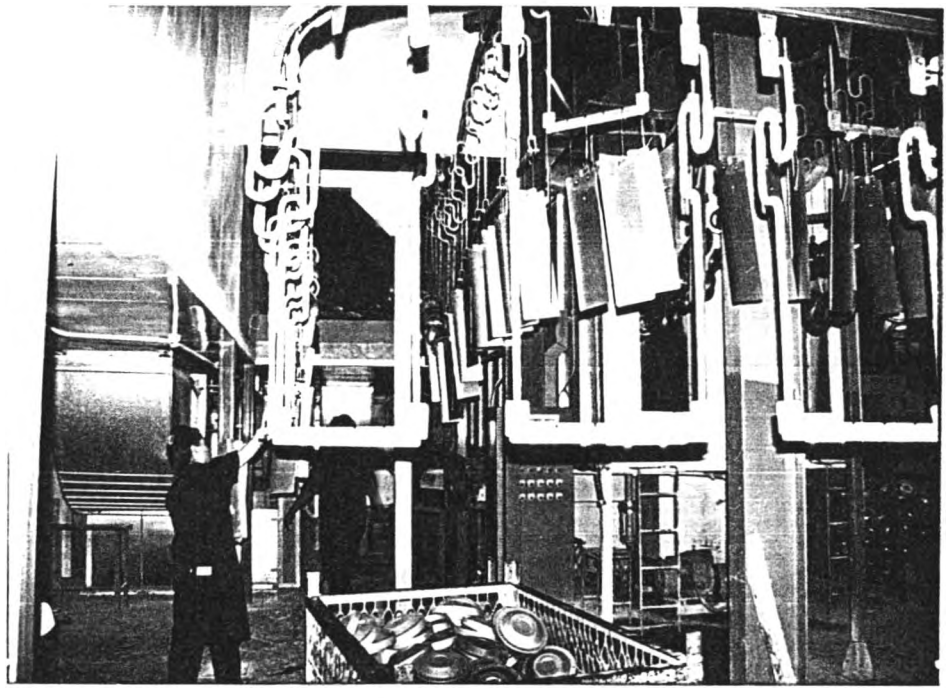
โซนนี้จะเป็นโซนต่อจากการล้างน้ำครั้งที่ 2 ชิ้นงานจะผ่านห้องอบที่มีอุณหภูมิราว 90-120° C ประมาณ 5-7 นาที ขึ้นอยู่กับจำนวนและขนาดของชิ้นงาน ถ้ามากอาจจะต้องเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นอีกแต่ถ้าเป็นชิ้นงานรูปร่างง่าย ๆ และมีจำนวนไม่มากนักจะใช้อุณหภูมิในการอบไม่สูงมาก นอกจากนี้ยังมีช่องเปิดในช่วงที่ติดกับเตาอบสี เพื่อรับความร้อนจากห้องอบสีมาที่โซนนี้เป็นการประหยัดพลังความร้อนในกรณีที่ไม่เปิดเตาแกสที่กระบวนการเคลือบฟอสเฟต (ใช้กับชิ้นงานที่แห้งตัวง่าย)

จุดยกชิ้นงานออกจากโซ่ลำเลียง

ภายหลังออกจากเตาอบชิ้นงานอาจจะยังร้อนอยู่ ช่วงนี้โซ่จะนำชิ้นงานออกมาอย่างช้า ๆ ให้ชิ้นงานระบายความร้อนออกสู่บรรยากาศ ก่อนที่จะเก็บชิ้นงานออกจากโซ่ลำเลียง ขณะเดียวกันถ้าชิ้นงานใดไม่แห้งสนิทหรืออาจจะมีคราบสกปรกเกาะอยู่ก็จะทำการเช็ดทำความสะอาดให้เรียบร้อย ก่อนจะนำไปใส่ลังเพื่อรอการพ่นสีในกระบวนการต่อไป เครื่องจักรของการเคลือบฟอสเฟตอัตโนมัติมีลักษณะ ตามรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 แสดงการโหลดชิ้นงานขึ้นโซ่ลำเลียง



รูปที่ 3.6 แสดงภาพของเครื่องเคลือบฟอสเฟตอัตโนมัติ

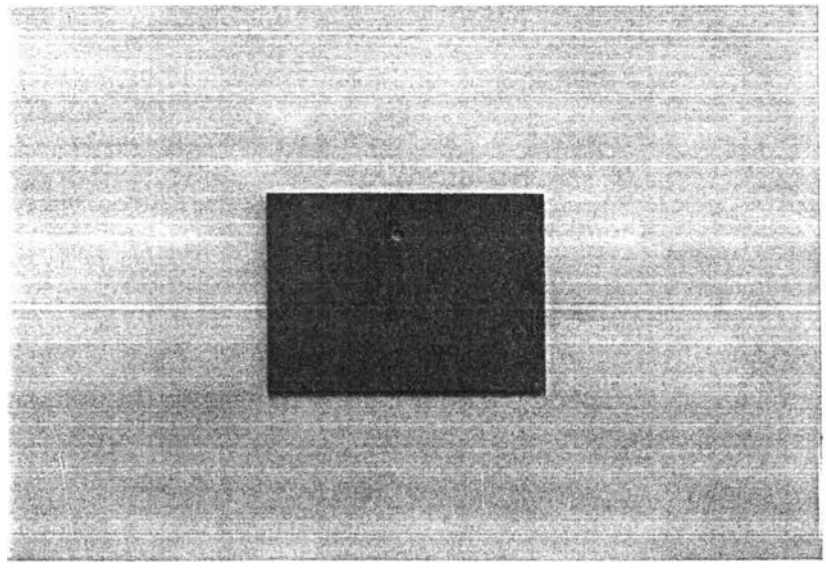
เพื่อเป็นการเปรียบเทียบให้เห็นความเหมือนหรือแตกต่าง ของการเคลือบฟอสเฟตอัตโนมัติ กับกระบวนการพ่นสีของโรงงานอื่นหรืออุตสาหกรรมที่มีพ่นสีกับชิ้นงานที่แตกต่างกัน สามารถแสดงรายละเอียดให้เห็นได้ ตามแผนภูมิการเคลือบฟอสเฟตของโรงงานพ่นสีตัวถังตู้เย็น ซึ่งจะมีความพิถีพิถันสูงมาก และต้องการคุณภาพงานการเคลือบฟอสเฟตที่ดีกว่า ตามรูปที่ 3.7

รายละเอียดของการเคลือบฟอสเฟตตัวถังตู้เย็น จะมีความแตกต่างกันบ้างเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3.4 และ 3.7 ในส่วนของน้ำที่ใช้ล้างตัวถังตู้เย็น สถานีที่ 3, 4 และ 7 เป็นน้ำประปาหรือบาดาลที่ค่อนข้างสะอาดก็ได้ส่วนนี้ไม่จ่อยมีผลกระทบต่อกระบวนการมากนัก น้ำที่ล้นออกจากกระบวนการก็ระบายทิ้ง ส่วนสถานีที่ 8 และ 9 นั้น น้ำต้องมีคุณภาพดีมาก สถานีที่ 8 ใช้น้ำธรรมดาผสมกับน้ำ Demineralization ล้างตัวถังให้สะอาดเพื่อไล่สารเคมีหรือนำพาสิ่งสกปรกที่ตกค้างออกส่วนสถานีที่ 9 เป็นการล้างตัวถังด้วยน้ำกลั่น นอกจากจะทำให้ผิวงานสะอาดขึ้นแล้วยังทำให้ผิวของงานมีสภาพเป็นกลาง ภายหลังออกจากสถานีนี้ไปแล้ว จะลดประจุไฟฟ้าที่ผิวชิ้นงานทำให้ฝุ่นมาเกาะได้ยาก น้ำที่จะเข้ากระบวนการกลั่นมาจากน้ำที่ไหลล้นของสถานีที่ 8 ส่วนของสถานีที่ 9 น้ำที่ไหลล้นจะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ น้ำที่ไหลล้นที่เหลือทั้งหมดจะไหลรวมกันลงไปในบ่อบำบัดน้ำเสีย สาเหตุที่ต้องมีสถานที่ 8 และ 9 เพราะว่าผิวชิ้นงานของตู้เย็นมีความละเอียดอ่อน และต้องการความสวยงามมากกว่าผิวมอเตอร์และพัดลม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมั่นใจว่าไม่มีฝุ่นตกค้างที่ผิวชิ้นงาน ซึ่งจะมีผลต่อการพ่นสีในกระบวนการถัดไป

สถานีที่ 1	1) Degreasing Tank pH = 12 อุณหภูมิที่ใช้ 50-60 องศาเซลเซียส เวลาล้าง 1-3 นาที
สถานีที่ 2	2) Degreasing Tank pH= 12 อุณหภูมิที่ใช้ 50 - 60 องศาเซลเซียส เวลาล้าง 1 - 3 นาที
สถานีที่ 3	3) Rinse Tank เป็นน้ำเปล่า อุณหภูมิที่ใช้ อุณหภูมิห้อง เวลา 40 - 60 วินาที
สถานีที่ 4	4) Rinse Tank เป็นน้ำเปล่า อุณหภูมิที่ใช้ อุณหภูมิห้อง เวลา 40 - 60 วินาที
สถานีที่ 5	5) Surface Conditioning pH = 12 ใช้ล้างกัดหน้าผิวงานให้พร้อม อุณหภูมิที่ใช้ อุณหภูมิห้อง เวลา 40 - 60 วินาที
สถานีที่ 6	6) Phosphating เป็นการเคลือบ ฟอสเฟต อุณหภูมิที่ใช้ 52 - 57 องศาเซลเซียส เวลา 1 - 3 นาที
สถานีที่ 7	7) Rinse Tank เป็นน้ำเปล่า อุณหภูมิที่ใช้ อุณหภูมิห้อง เวลา 40 - 60 วินาที
สถานีที่ 8	8) น้ำ + น้ำกลั่น เป็นการล้างด้วยน้ำ Demineralization อุณหภูมิที่ใช้ อุณหภูมิห้อง เวลา 40 - 60 วินาที
สถานีที่ 9	9) Distilled Water เพื่อไล่สิ่งสกปรกทุกอย่างรวมทั้งสารเคมีที่ตกค้างออก อุณหภูมิที่ใช้ อุณหภูมิห้อง เวลา 30 - 40 วินาที
เข้าเตาอบ	อบโดยใช้ความร้อนที่ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

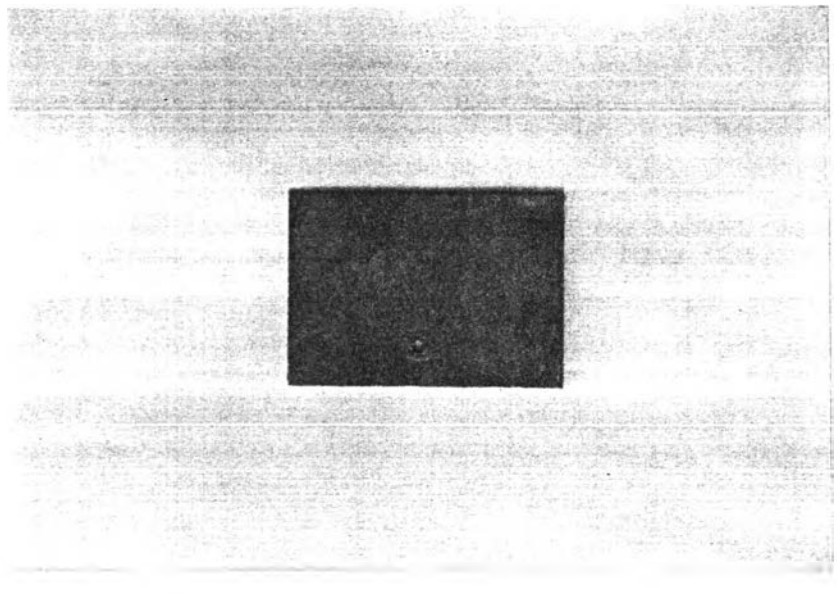
รูปที่ 3.7 แสดงแผนภูมิของการเคลือบฟอสเฟตตัวถังตู้เย็นแบบอัตโนมัติ

ชิ้นงานที่เคลือบฟอสเฟตแล้ว ถ้าทิ้งไว้ในที่ร่มไม่ถูกแสงและความชื้น จะสามารถอยู่ได้ 7 วัน นั่นคือ ภายหลังการเคลือบฟอสเฟตแล้วจะต้องนำไปพ่นสีภายใน 7 วัน มิเช่นนั้นจะเกิดสนิมขึ้นที่ชิ้นงานได้และจำเป็นต้องนำชิ้นงานนั้น ไปเริ่มต้นกระบวนการเคลือบฟอสเฟตใหม่ ซึ่งจะเสียเวลาและก่อให้เกิดความเสียหายในเรื่องค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก และในการทำงานจริงการเคลือบฟอสเฟตมีทั้งที่คุณภาพดีและที่คุณภาพไม่ดีสามารถเกิดขึ้นได้ ชิ้นงานที่เคลือบฟอสเฟตทั้งดีและไม่ดีแสดงได้ดังรูปที่ 3.8 และ 3.9



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.8 แสดงภาพการเคลือบฟอสเฟตที่ดี



รูปที่ 3.9 แสดงภาพการเคลือบฟอสเฟตที่ไม่ดี

3.3 การเตรียมน้ำยาในกระบวนการ

การเตรียมน้ำยาเคมีเพื่อใช้ในกระบวนการเคลือบฟอสเฟตถือว่ามีความสำคัญมาก ผิวชิ้นงานที่ได้มีส่วนเกี่ยวข้องกับขั้นตอนนี้ และนอกจากจะเตรียมน้ำยาแล้วการสังเกตสภาพของน้ำยา หรือแม้กระทั่งการตรวจสอบสภาพน้ำยาว่าเหมาะที่จะใช้งานต่อหรือไม่ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญ เพราะจะส่งผลให้ฟิล์มเคลือบที่ได้ดีหรือไม่ดี ในหัวข้อนี้จะประกอบด้วย

- การเตรียมน้ำยาล้างไขมัน
- การเตรียมน้ำยาเคลือบฟอสเฟต
- ปัญหาและการแก้ไข

3.3.1 การเตรียมน้ำยาล้างไขมัน

น้ำยาล้างไขมันจะมีคุณสมบัติเป็นด่าง จะใช้ผง Zip - Clean : 15 เติมลงในน้ำตามสัดส่วนของตารางการใช้และการควบคุมน้ำยาเคมี (รายละเอียดสามารถดูได้จากภาคผนวก) ภายหลังจากการเติมสารเคมีลงในน้ำครบถ้วนแล้วจะต้องทำการไตเตรทเพื่อเช็คดูว่าน้ำยาล้างไขมันอยู่ในช่วงการใช้งานได้หรือไม่ หรือในกรณีที่มีน้ำยาอยู่แล้วจะต้องทำการไตเตรททุกเช้าก่อนทำการเริ่มกระบวนการเคลือบฟอสเฟต

- การไตรเตรท หา Zip - Clean : 15

1. ใส่ตัวอย่างของเหลวลงในแก้ว Flask จำนวน 15 ซีซี
2. เติมฟีนอพทาลีน (Phoenopthalene) จำนวน 3-5 หยด จะได้สารละลายสีชมพู เนื่องจากมีภาวะเป็นเบส
3. ไตเตรทกับกรดเกลือ (HCl) ความเข้มข้น 0.1 N ผ่านบิวเลต จนกระทั่งถึงจุด End Point คือสารละลายไม่มีสี
4. อ่านค่าจำนวน HCl ที่ใช้ไป

ถ้า HCl ไม่อยู่ในช่วง 18-20 ซีซี ที่ใช้ คือ ถ้ามากเกินไปให้เจือจางด้วยน้ำ ถ้าน้อยกว่าให้เติม Zip - Clean : 15 เข้าไปตามสัดส่วนจนกว่าจะได้ ส่วนหนึ่งที่เป็นข้อสังเกตคือกรณีที่ชิ้นงานมีความมันหรือคราบน้ำมันมาก น้ำยาควรจะได้ End Point ประมาณ 20-22 ซีซี หรือเข้มข้นมากขึ้นจะให้ผลดี

3.3.2 การเตรียมน้ำยาเคลือบฟอสเฟต

น้ำยาเคลือบฟอสเฟตมีหลายตัวที่ใช้งานร่วมกัน ประกอบด้วย

1. SIP - PHOS : 58 มีสภาพเป็นกรดอ่อนจะเป็นตัวหลักที่ให้ Zinc Phosphate แต่เดิมใช้ SIP - PHOS : 70 ซึ่งส่วนประกอบทางเคมีใกล้เคียงกัน
2. N.T.40 มีสภาพเป็นด่างอ่อน ๆ เป็นน้ำยาในการปรับลดสภาพความเข้มข้นของ SIP - PHOS : 58
3. ACC : 131 เป็นตัวเร่งปฏิกริยาให้เกิด Zinc ที่ผิวหน้าโลหะได้ไวขึ้น มีสภาพเป็นกลาง

การเติมสารเคมีลงในน้ำทั้ง 3 ตัว จะใช้สัดส่วนตามตารางของการใช้และควบคุมน้ำยาเคมี (รายละเอียดสามารถดูได้จากภาคผนวก ค ตารางที่ ค.1) ไม่ว่าภายหลังจากการเติมสารเคมีแล้ว หรือก่อนหน้าจะเริ่มกระบวนการเคลือบฟอสเฟตจำเป็นต้องไตเตรทหาความเข้มข้นของน้ำยาทั้ง 3 ตัว

- การไตเตรท หา SIP - PHOS : 58
  1. ใส่ตัวอย่างของน้ำยาที่จะทดสอบลงใน Flask จำนวน 15 ซีซี
  2. เติมฟีนอพทาลีน (Phoenopthalene) จำนวน 3-5 หยด จะได้สารละลายสีชมพู
  3. ไตเตรทกับกรดเกลือ (HCl) ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งถึงจุด End Point จะได้สารละลายไม่มีสี
  4. อ่านจำนวน HCl ที่ใช้ไป

  ค่าที่เหมาะสมคือ HCl จะถูกใช้ประมาณ 24-26 ซีซี

  กรณีที่ค่า End Point น้อยกว่า 24-26 ให้เติม SIP-PHOS: 58 เพิ่มตามสัดส่วน

  กรณีที่ค่า End Point สูงกว่า 24-26 มากเช่น 30 ให้เติม N.T. 40 ตามสัดส่วน

  การเช็คค่า SIP-PHOS : 58 จะทำวันละ 1 ครั้ง ตอนเช้า

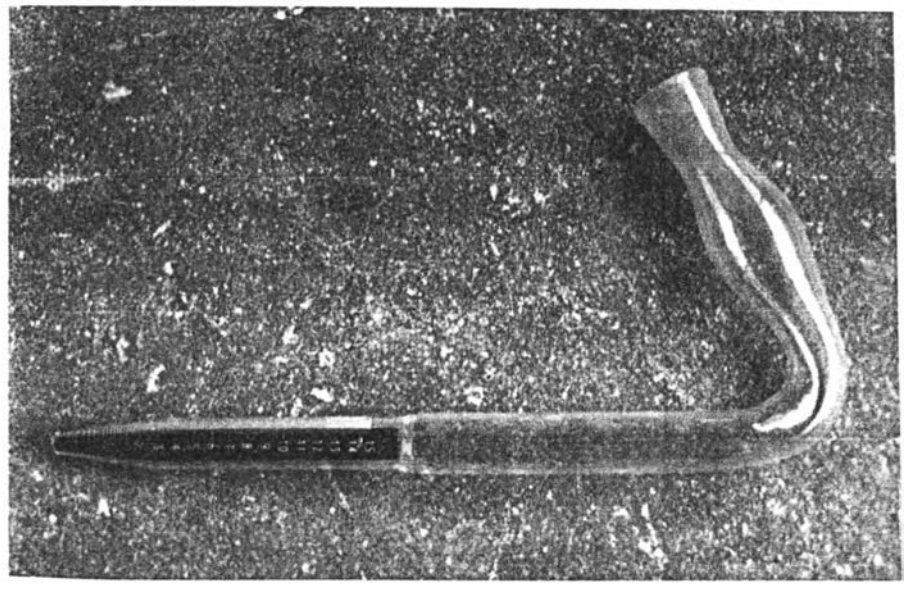
- การไตเตรท หา N.T. 40
  1. ใส่ตัวอย่างของน้ำยาที่จะทดสอบลงใน Flask จำนวน 15 ซีซี
  2. เติม Indicator ซึ่งก็คือ โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนสหรือสารละลายด่างทับทิม 5 หยด จะได้สารละลายสีเขียวอ่อน

3. ไตเตรทกับกรดเกลือ (HCl) ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งถึงจุด End Point จะได้สารละลายมีตะกอนขาวออกฟ้าอ่อน (การอ่านสีจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ)
4. อ่านจำนวน HCl ที่ใช้ไป ข้อควรระวังคือ N.T. 40 จะใช้ HCl น้อย ดังนั้น ควรจะค่อยปล่อย HCl ช้า ๆ
   ค่าที่เหมาะสมคือ HCl จะถูกใช้ประมาณ 0.8-1.2 ซีซี

ค่าความเข้มข้นของ N.T. 40 จะไม่ค่อยเปลี่ยนมากนัก ภายหลังการใช้งานเมื่อเทียบกับน้ำยา 2 ตัวดังกล่าว อย่างไรก็ดี N.T. 40 เข้มข้นมากจะต้องลดด้วย ZIP-PHOS: 85 โดยเติมตามสัดส่วนและต้องระมัดระวังมาก ส่วนน้อยเกินไปก็ให้เติมตามสัดส่วน

- การไตเตรท หา ACC : 131

การทดสอบหา ACC : 131 จะมีวิธีการที่พิเศษกว่าคือจะต้องใช้หลอดทดลองทรงพิเศษ ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงภาพหลอดไตเตรทหาปริมาณ ACC : 131

1. ใส่น้ำยาที่จะทำการทดสอบหา ACC : 131 ลงในหลอดจนถึงระดับปากหลอดตามรูป
2. เติมสารเคมีที่ใช้เช็คค่า (จะเป็นผงสีขาว) เข้าไปในหลอดประมาณ 1 ช้อนชา
3. จากนั้นเอานิ้วอุดปากหลอดและทำการคว่ำหลอดทดลองเพื่อให้ฟองอากาศที่เกิดจากสารเคมีทำปฏิกริยากับ ACC : 131 รวมตัวกันที่ปลายข้างหลอดซึ่งมีค่าสเกลอ่านค่าอยู่

4. อ่านค่าจะสเกลที่ได้

ค่าที่เหมาะสมคือ 3-4 ขีด

กรณีที่ความเข้มข้นน้อยกว่า ให้เติม น้ำยา ACC : 131 เข้าไปตามสัดส่วน

กรณีที่ความเข้มข้นมากเกินไป จะใช้วิธีการเจือจางด้วยน้ำ

การวัดค่า ACC : 131 จะกระทำ 2 ครั้ง / วัน คือเช้า 1 ครั้ง และบ่าย 1 ครั้ง เพราะการควบคุม ACC : 131 นั้นต้องระวังเป็นพิเศษเพราะถ้า ACC : 131 ไม่อยู่ในช่วงดังกล่าวจะก่อให้เกิดปัญหาค่อนข้างรุนแรง

3.3.3 ปัญหาและการแก้ไข

<u>จากการล้างไขมัน</u>

(1) กรณีที่ค่าความเข้มข้นของ ZIP - Clean : 15 มากเล็กน้อยจะไม่ส่งผลเสีย แต่ถ้ามากเกินน้ำยาจะมีคุณสมบัติเหนียวตัวและเกาะชิ้นงาน ทำให้ล้างออกด้วยน้ำเปล่ายากลำบาก เมื่อผ่านกระบวนการเคลือบน้ำยาฟอสเฟตจะเคลือบไม่ติด และเป็นการสิ้นเปลืองน้ำยา

(2) กรณีความเข้มข้นของน้ำยาน้อยเกินไป การล้างไขมันจะล้างออกไม่หมด ชิ้นงานจะมีคราบไขมันหรือน้ำมันติดอยู่ ส่วนนี้จะเคลือบฟอสเฟตไม่ติดและสีฝุ่นจะเกาะไม่อยู่หลุดล่อนได้ง่าย

(3) ในกรณีที่ชิ้นงานมีสนิมมาก อยู่ในวิสัยจะล้างออกด้วยสารละลายกรด จะนำชิ้นงานนั้นไปจุ่มในสารละลาย HCl เข้มข้น 20% เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมงจนสนิมหลุดออก จึงนำไปล้างน้ำสะอาดแล้วผ่านกระบวนการเคลือบฟอสเฟตต่อไป ถ้าเกิดสนิมมากจะต้องขัดสนิมออกด้วยกระดาษทราย ก่อนทำการแช่ในสารละลายกรด มิเช่นนั้นแล้วสนิมที่ค้างอยู่ถึงจะมีสีเคลือบไว้ แต่ระยะเวลาไม่นานสนิมจะทำให้สีหลุดและเกิดสนิมลุกลามต่อไป

<u>จากการเคลือบฟอสเฟต</u>

(1) น้ำยา ZIP-PHOS : 58 เริ่มไม่ทำปฏิกริยากับชิ้นงานหรือเฉื่อยลง ชิ้นงานที่ได้จะออกเป็นคราบเหลือง ไม่สวยและเป็นสนิมได้ง่ายไม่เหมาะกับการเคลือบสี สาเหตุเป็นเพราะ ACC : 131 เริ่มเจือจางจะต้องเติม ACC : 131 ลงไปเพิ่มเติม และเช็คความเข้มข้นของน้ำยา ZIP-PHOS : 58 ใหม่

(2) ชิ้นงานออกเป็นสีม่วงรุ้ง นั่นคือมี ZIP-PHOS : 58 มากเกินไปหรือ N.T. 40 น้อยเกินจะทำให้เกิดการเคลือบฟอสเฟตหนา การเกาะของสีกับชิ้นงานจะไม่ดี หรือไม่คงทนต้องแก้ไขด้วยการเติม N.T. 40 เพิ่ม

(3) น้ำยา ACC : 131 ความเข้มข้นน้อยไป ชิ้นงานจะได้คราบเหลืองเหมือนข้อ (1) ถ้าน้ำยา ACC : 131 มีความเข้มข้นมากไป จะเกิดฟิล์มหนามากและบางส่วนกลายเป็นเกล็ดขาว ๆ เหมือนน้ำตาลทรายเกิดที่ผิวชั้นงาน เมื่อเคลือบสีแล้วบริเวณดังกล่าวจะไม่สวยงาม

(4) รอยดวงของชิ้นงานที่เกิดจากการหยดของน้ำยา เนื่องจากคราบตะกรันที่เกาะอยู่บนที่แขวนยึดชิ้นงานจากการแห้งตัวของน้ำยาที่สะสมกันนาน ๆ ส่วนนี้อมน้ำยาล้างไขมันไว้ และหยดใส่ชิ้นงานหลังการเคลือบฟอสเฟต ทำให้เกิดสภาพเป็นดวงบนชิ้นงาน เมื่อผ่านการเคลือบสีก็จะปรากฏเป็นดวงด้วยจำเป็นต้องกำจัดตะกรันที่เกาะอยู่นี้ออกเมื่อถึงระยะเวลาที่เหมาะสม

(5) ชิ้นงานที่เกิดเป็นคราบเหลือง เนื่องจากน้ำยาเคลือบฟอดเฟตมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมจะต้องนำไปล้างด้วยกรด HCl เข้มข้น 20% ทิ้งไว้จนกระทั่งคราบเหลืองหายไปหมด นำไปล้างน้ำให้สะอาดและผ่านเข้ากระบวนการเคลือบฟอสเฟตใหม่

จากแผนภูมิของการเตรียมผิวงาน หรือการเคลือบฟอสเฟตแล้ว ไม่ว่าจะเป็นการพ่นสีธรรมดาหรือระบบที่ต้องการความสะอาดสูงเช่นผิวชิ้นงานของตู้เย็น ต่างมีหลักการคล้าย ๆ กัน คือ ไล่ไขมันและสนิมก่อนที่จะทำการเคลือบฟอสเฟต จากนั้นถึงจะเข้ากระบวนการเคลือบฟอสเฟต จะต่างกันในเรื่องการควบคุมความสะอาดและมลทินต่าง ๆ ที่จะติดเข้ามา งานที่ต้องการผิวงานสวยจะต้องมีการล้างและควบคุมความสะอาดที่ดี

3.4 กระบวนการพ่นสี

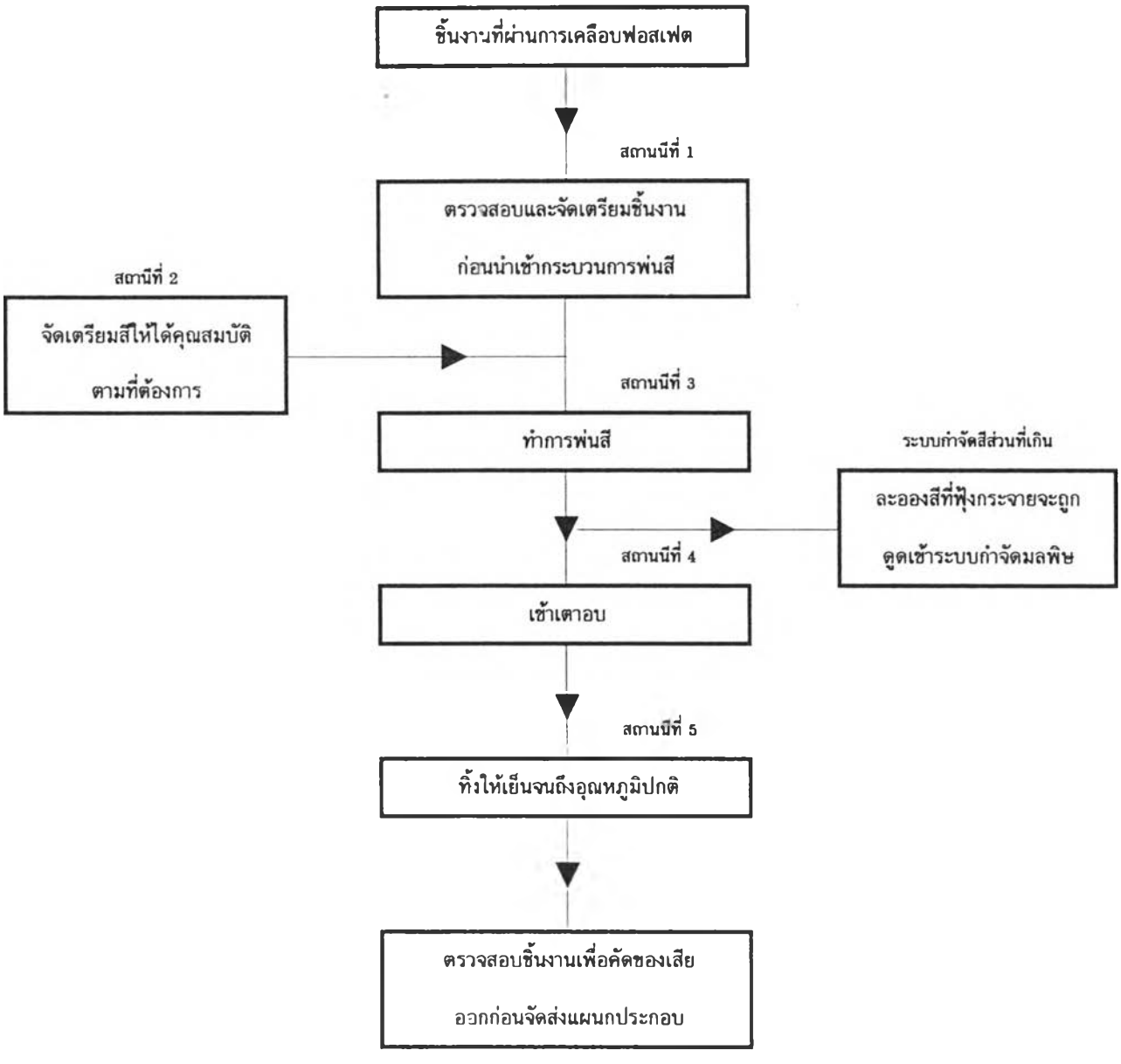
กระบวนการพ่นสีที่จะอธิบายโดยละเอียดต่อไป จะเป็นกระบวนการที่มีใช้อยู่จริง คือ

- กระบวนการพ่นสีน้ำมัน
- กระบวนการพ่นสีฝุ่น

3.4.1 กระบวนการพ่นสีน้ำมัน

ในกระบวนการพ่นสีน้ำมันเพื่อให้เข้าใจได้กระชับขึ้น สามารถแสดงได้ตามแผนภูมิรูปที่ 3.11 และแต่ละการทำงานของสถานีอธิบายได้ดังนี้

แผนภูมิกระบวนการพ่นสีน้ำมัน



รูปที่ 3.11 แสดงแผนภูมิของการพ่นสีน้ำมัน

สถานีที่ 1 การตรวจสอบชิ้นงาน

สถานีนี้จะมีพนักงานคอยตรวจเช็คชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบฟอสเฟตแล้วด้วยตา เพื่อดูว่าชิ้นงานใดมีข้อบกพร่องจะได้คัดออก.เพื่อนำไปเคลือบฟอสเฟตใหม่ และมีการเช็คจำนวนชิ้นงานที่จะทำการพ่นสีว่ามีกี่ชิ้นจดหมายเลข Batch ที่จะพ่นสีเอาไว้ ในอดีตการทำงานส่วนนี้เมื่อก่อนไม่มีเอกสารกำกับ ปัจจุบันเอกสารที่กำกับเพื่อตรวจสอบย้อนกลับยังไม่ดีพอแต่เนื่องจากกำลังจะยกเลิกนั้นจึงไม่มีการปรับปรุงในเรื่องของเอกสารให้รัดกุม ที่สถานีนี้จะทำการโหลดชิ้นงานภายหลังตรวจสอบแล้วขึ้นโซ่ลำเลียง เพื่อลำเลียงชิ้นงานไปจุดพ่นสี

สถานีที่ 2 จัดเตรียมสี

ส่วนนี้อาจจะไม่ใช่ส่วนหนึ่งของกระบวนการโดยตรงของการพ่นสีน้ำมันก็ว่าได้ เพียงแค่เป็นกระบวนการที่แยกออกไปและนำมาประกอบอีกที แต่มีความสำคัญมากเนื่องจาก ถ้าไม่มีการจัดเตรียมที่ดี จะทำให้ชิ้นงานหลังการพ่นสีมีคุณภาพไม่ดี ขั้นตอนการเตรียมงานประกอบด้วยการวัดความหนืด (Viscosity) ของสีด้วย Cup Ford ถ้าความหนืดสูงกว่าที่กำหนด (โดยการวัดเวลาของสีที่ไหลผ่านจนหมดถ้วย Cup Ford) จะเติมตัวทำละลายซึ่งก็คือ ทินเนอร์ เพิ่มเติมจนกระทั่งได้ความหนืดที่ต้องการ ถ้าความหนืดต่ำก็จะเติมสีเพิ่มเติม การเตรียมจะต้องใช้ช่างที่ค่อนข้างมีความชำนาญเป็นผู้เตรียม เพราะจะได้ทั้งความหนืดและปริมาณใกล้เคียงกับความต้องการไม่มากเกินไปและไม่น้อยเกินไป เพื่อเป็นการประหยัดสี

สถานีที่ 3 การพ่นสี

จะมีหัวพ่น (กาพ่นสีธรรมดา) ประมาณ 5 หัวพ่น (มากที่สุด) ถ้าปริมาณงานน้อยอาจจะใช้พนักงานและจำนวนหัวพ่นสีน้อยกว่านี้ ในบริเวณพ่นสีนี้ไม่จำเป็นต้องพ่นสีชนิดเดียวกันอาจจะมี 2 ถึง 3 สีภายในบริเวณเดียวกันก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของงานชิ้นงานใดจะพ่นสีใดก็พ่นสีนั้นทั่วทั้งชิ้นงานไม่มีการพ่นสี 2 สีใน 1 ชิ้นงาน แรงดันลมที่ใช้ประมาณ 25 ปอนด์/ตารางนิ้ว อัตราการไหลของสีผสมลมจากกาพ่นสีประมาณ 3.5 ลูกบาศก์ฟุต / นาที สีส่วนที่เกินจะถูกกำจัดออก และชิ้นงานที่พ่นเสร็จจะถูกลำเลียงต่อไปยังเตาอบ

ระบบกำจัดสีส่วนที่เกิน

ระบบกำจัดสีส่วนเกินที่ติดตั้งอยู่ภายในบริเวณพ่นสี จะแยกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกจะให้น้ำผสมสารเคมีไหลเป็นม่านด้านหลังชิ้นงาน ละอองสีที่เกินจะถูกบังคับให้สัมผัสกับน้ำ ที่มีสารเคมี จากนั้นจะทำปฏิกริยาเคมีกัน เกิดการรวมตัวและตกตะกอนด้านล่าง น้ำจะถูกแยกให้ออก

จากตะกอนและวนกลับไปใช้ใหม่ ถ้าคุณสมบัติในการจับสีลดลงจะเติมสารเคมีเพิ่มเติม ส่วนตะกอนสีจะถูกตักและแยกออกไปเพื่อกำจัด ส่วนที่สองละอองสีส่วนเกินซึ่งคาดว่าไม่เกิน 10% จะถูกดูดเข้าระบบระบายอากาศ และปล่อยออกทางปล่องสูงเพื่อระบายออกสู่บรรยากาศต่อไป ซึ่งละอองส่วนนี้จะประกอบด้วยทินเนอร์เป็นส่วนใหญ่พวกเม็ดสีจะชนและแห้งติดตามผนังปล่องเสียส่วนมากกว่าที่จะเล็ดลอดออกไป

สถานีที่ 4 เตาอบ

เตาอบที่ใช้เป็นเตาไฟฟ้าอุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 180 องศาเซลเซียส ใช้อบชิ้นงานเพื่อให้สีแห้งตัวโดยใช้เวลาอบนานประมาณ 10 นาที การนำชิ้นงานเข้าเตาอบจะใช้ระบบโซ่ลำเลียงชิ้นงาน โดยจะเริ่มตั้งแต่เข้าเตาจนออกจากเตา ชิ้นงานจะแห้งตัวได้ดีและมีความสวยงาม นอกจากนี้สีจะถูกเคียวริ่งทำให้ทนทานต่อสภาพแวดล้อมด้วย จากนั้นชิ้นงานจะถูกลำเลียงออกจากเตาผ่านอากาศเย็นภายนอกไปเรื่อย ๆ เพื่อเป็นการระบายความร้อนออกไปในตัว จนอุณหภูมิใกล้อุณหภูมิบรรยากาศ ในช่วงอากาศร้อน อาจจะติดตั้งพัดลมเพิ่มเติมเพื่อช่วยระบายความร้อน

สถานีที่ 5 การ Unload ชิ้นงาน

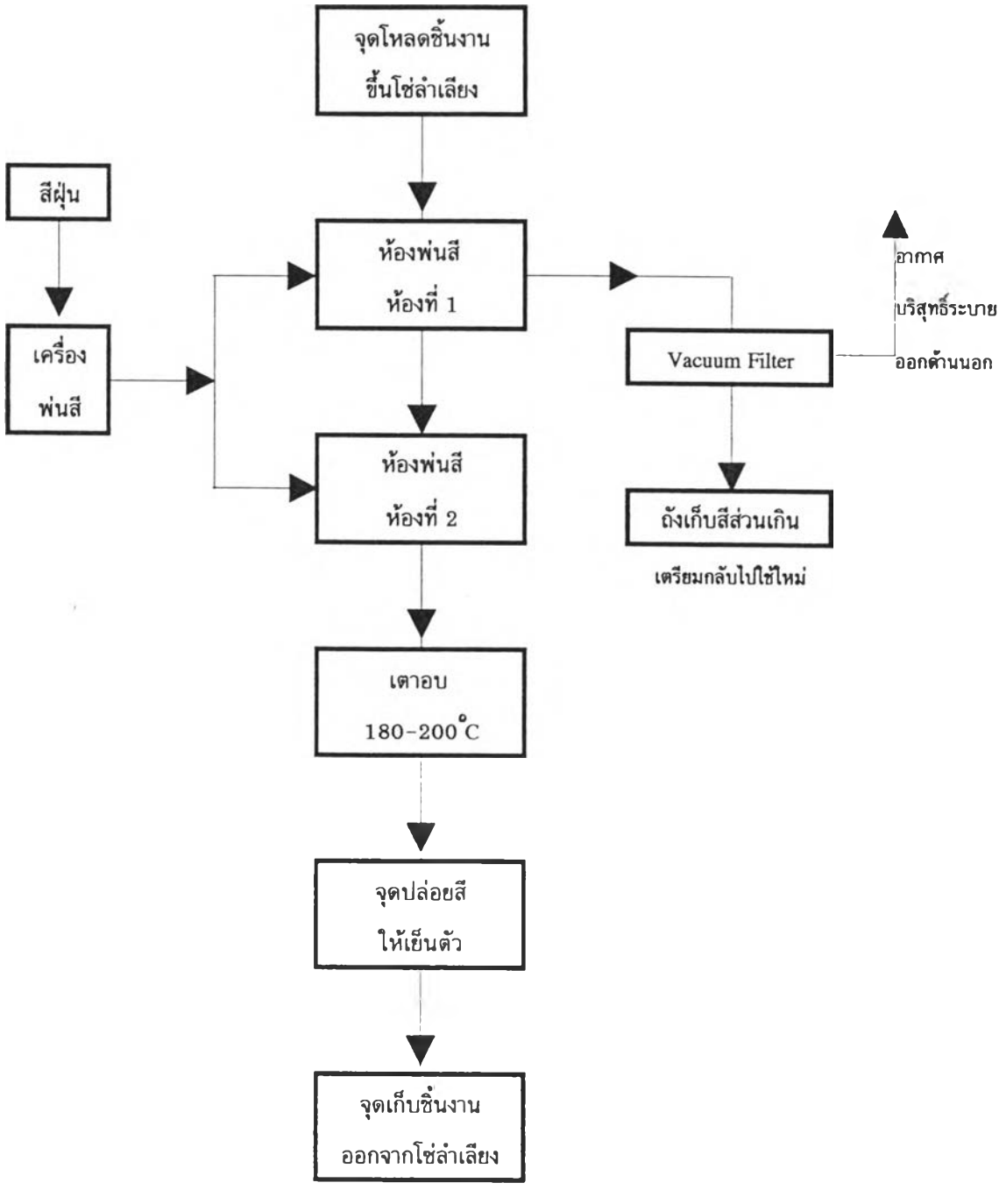
เมื่อชิ้นงานมาถึงจุดนี้ จะหยิบชิ้นงานออกจากที่แขวน และวางลงบนกระบะเพื่อจะส่งไปในกระบวนการประกอบต่อไป พนักงานที่ทำหน้าที่เก็บชิ้นงานเหล่านี้ จะต้องคอยสังเกต ชิ้นงานที่มีปัญหา เช่นสีไม่เต็ม เกิดรอยด่าง เนื้อสีไม่สม่ำเสมอออกเพื่อทำการซ่อมต่อไป

3.4.2 กระบวนการพ่นสีฝุ่น

กระบวนการพ่นสีฝุ่นปัจจุบันประกอบด้วย Line อัตโนมัติ 2 Line คือ Line การเคลือบฟอสเฟต เพื่อเตรียมชิ้นงานและ Line การพ่นสีฝุ่น การที่จะจัดระบบเช่นนี้นอกจากจะสะดวกต่อการทำงานและควบคุมงานที่ค้างในระหว่างการผลิต(Work In Process)ให้ลดลงและความเสียหายในระหว่างกระบวนการลดลงแล้ว Line พ่นสีฝุ่นยังก่อปัญหาทางมลพิษน้อยลงอีกด้วย รายละเอียดของกระบวนการพ่นสีฝุ่นเป็นไปตามแผนภูมิตามรูปที่ 3.12

จากแผนภูมิสามารถอธิบายการทำงานของระบบพ่นสีฝุ่นได้ดังนี้

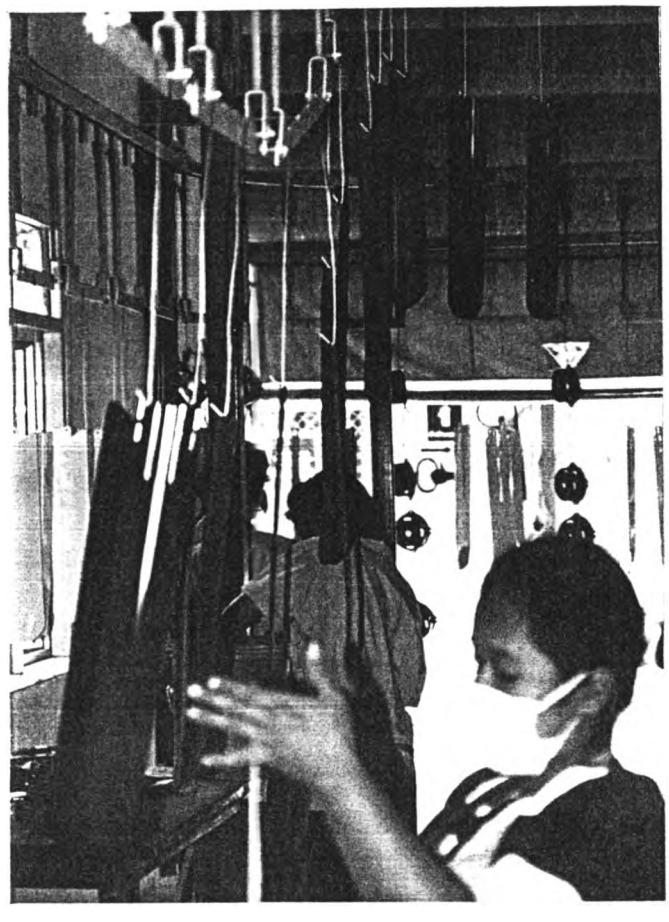
แผนภูมิกระบวนการพ่นสีฝุ่น



รูปที่ 3.12 แสดงแผนภูมิกระบวนการพ่นสีฝุ่น

จุดโหลดชิ้นงานขึ้นโซ่ลำเลียง

ลักษณะรูปร่างของโซ่ลำเลียง และการโหลดชิ้นงานจะเหมือนโซ่ลำเลียงของ Line เคลือบฟอสเฟต จะต่างกันตรงที่วิธีการโหลดชิ้นงานขึ้นวางบนจุดแขวนชิ้นงาน เนื่องจากสีฝุ่นจะโหลดจุดละ 1 ชิ้นเท่านั้น โดยเฉพาะของที่มีขนาดใหญ่เพื่อให้การพ่นเป็นไปอย่างทั่วถึง และป้องกันชิ้นงานสัมผัสกันภายหลังการพ่นสี เพราะจะทำให้เกิดรอยขึ้นได้หรือชิ้นงานติดกันภายหลังออกจากเตา ผิดกับการเคลือบฟอสเฟตซึ่งสามารถที่จะโหลดชิ้นงานหลายชิ้นได้ เพราะหัวฉีดน้ำยามีหลายหัวและเป็นแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะฉีดได้ทั่วถึงทั้งชิ้นงานและไม่ต้องห่วงเรื่องรอยและการติดกันของชิ้นงาน การโหลดชิ้นงานแสดงได้ตามรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงภาพการโหลดชิ้นงานก่อนพ่นสีฝุ่น

ห้องพ่นสีห้องที่ 1

ระบบห้องพ่นสีจะเป็นระบบปิด ใช้ Vacuum ดูดฝุ่นสีที่เกินจากชิ้นงานหรือที่ฟุ้งกระจายออกผ่านหม้อกรอง สีจะติดอยู่ที่แผ่นกรองด้านนอกปล่อยให้อากาศผ่านเข้าอย่างเดียว จากนั้นช่วงระยะเวลา 5 - 10 นาทีระบบ Vacuum จะคลายตัวลงปล่อยให้ผงสีหลุดจากแผ่นกรองเพื่อเพิ่ม

ประสิทธิภาพการเก็บฝุ่นสีที่เกินเมื่อชิ้นงานผ่านเข้ามาให้ห้องพ่นสี คนงานจะพ่นสีผ่านปืนพ่นสีลงสู่ชิ้นงานด้านที่ชิ้นงานหันเข้าหาคนพ่นเท่านั้น การพ่นจะพ่นให้ทั่วชิ้นงานและซ้ำไป ซ้ำมา 4 - 5 เที่ยว จนผงสีคลุมไม่เห็นเนื้อโลหะ จึงย้ายไปพ่นยังชิ้นถัดไป ชิ้นงานขณะถูกพ่นจะเคลื่อนที่ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งออกจากห้องพ่นสีห้องที่ 1 ไป อย่างไรก็ดี ถ้าการตั้งความเร็วของโซ่ลำเลียงไม่เหมาะสม อาจจะทำให้การพ่นต้องเร่งเกินไปหรือช้าเกินไป ความหนาของชั้นสีจะแปรเปลี่ยนได้ ขณะเดียวกันก็จะส่งผลให้เวลาอยู่ในเตาอบไม่เท่ากัน เครื่องพ่นสีและถังเก็บผงสีจะอยู่ด้านนอกห้องพ่น ที่เครื่องพ่นสีสามารถจะปรับค่าปริมาณลมผสมสี, ความดันลมที่ใช้, ค่าความต่างศักย์, ลมที่ใช้ล้างปืนพ่นสีให้เหมาะสมกับชนิดของงาน วิธีการพ่นสีแสดงตามรูปที่ 3.14 และ เครื่องควบคุมการพ่นสีแสดงได้ตามรูปที่ 3.15

ห้องพ่นสีห้องที่ 2

ระบบและหลักการทำงานจะเหมือนกับห้องพ่นสีห้องที่ 1 จะต่างกันตรงที่ ห้องที่ 2 จะมีช่องเปิดในด้านตรงกันข้ามกับช่องที่ 1 เพื่อให้คนงานสามารถพ่นสีใส่ชิ้นงานด้านที่เหลือได้ เครื่องพ่นสี, ระบบ Vacuum ดูสี และอุปกรณ์อื่น ๆ จะเหมือนกับห้องพ่นสีห้องที่ 1 ทุกประการ ชิ้นงานที่ออกจากห้องที่ 1 จะเข้าห้องที่ 2 เลยเพราะผนังทางออกของห้องที่ 1 เป็นทางเข้าของห้องที่ 2

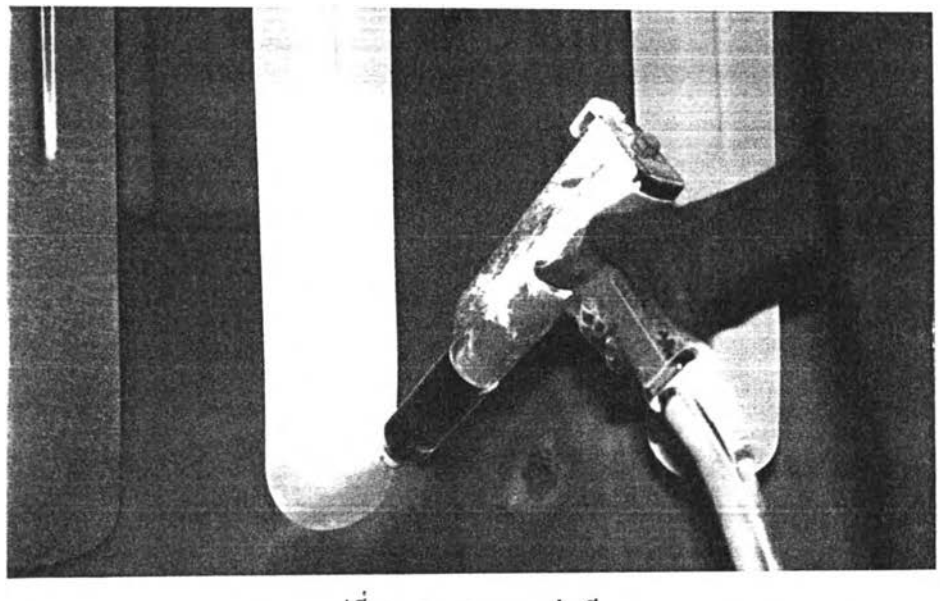
เตาอบสี

ลักษณะเตาจะเหมือนกับเตาอบชิ้นงานหลังเคลือบฟอสเฟตแต่จะยาวกว่า และอุณหภูมิที่ใช้จะสูงกว่าคือ 180 - 200°C ตามชนิดของสีฝุ่นที่ใช้ เตาจะใช้หลักการของแกสเผาไหม้ให้เกิดความร้อนซึ่งจะสูงถึง 400 - 600° C จากนั้นจะมีพัดลมดูดอากาศร้อนให้ผสมกับอากาศเย็น จนได้อุณหภูมิที่ตั้งไว้ถึงจะจ่ายลงยังห้องอบสี อุณหภูมิที่ตั้งไว้อาจจะแปรเปลี่ยนได้ในช่วง $\pm$ 3° C เวลาที่อยู่ในเตาจะแปรเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับความเร็วของโซ่ลำเลียง ถ้าเร็วมากก็จะมีเวลาอยู่ในเตาน้อย จะเหมาะกับพวกชิ้นงานขนาดเล็ก ถ้าความเร็วน้อยจะมีเวลาอยู่ในเตามาก จะเหมาะกับชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ขึ้นลักษณะของเตาจะเป็นตามรูปที่ 3.16 จากข้อมูลที่ดำเนินการอยู่พบว่าการอบมีผลต่อคุณภาพสี

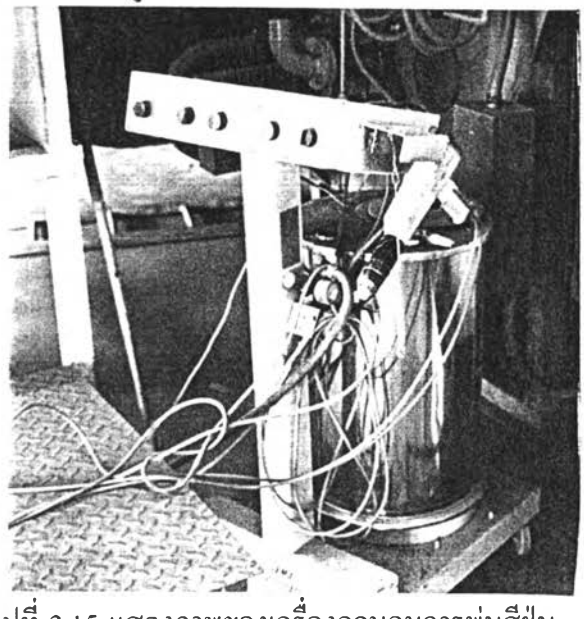
จุดปล่อยสีให้เย็นตัว

จุดนี้จะเป็นจุดที่โซ่ลำเลียงนำชิ้นงานออกจากเตา และให้ชิ้นงานสัมผัสกับบรรยากาศ ณ อุณหภูมิห้อง ชิ้นงานจะถ่ายเทความร้อนให้บรรยากาศรอบ ๆ จนอุณหภูมิชิ้นงานเริ่มเย็นลง ข้อ

เสียของชิ้นงานที่ยังคงร้อนอยู่แล้วรีบเก็บขึ้นก็คือชิ้นงานอาจจะยังไม่เซ็ทตัวดีที่ผิวหน้าและอาจจะทำให้ชิ้นงานที่วางชิดกันเกิดการติดกันได้ โดยเฉพาะชิ้นงานหนาและใหญ่จะต้องให้เวลาในการถ่ายเทความร้อนมากขึ้น เพื่อที่จะสามารถนำชิ้นงานออกจากโซ่ลำเลียงได้โดยไม่มีปัญหา



รูปที่ 3.14 แสดงการพ่นสี



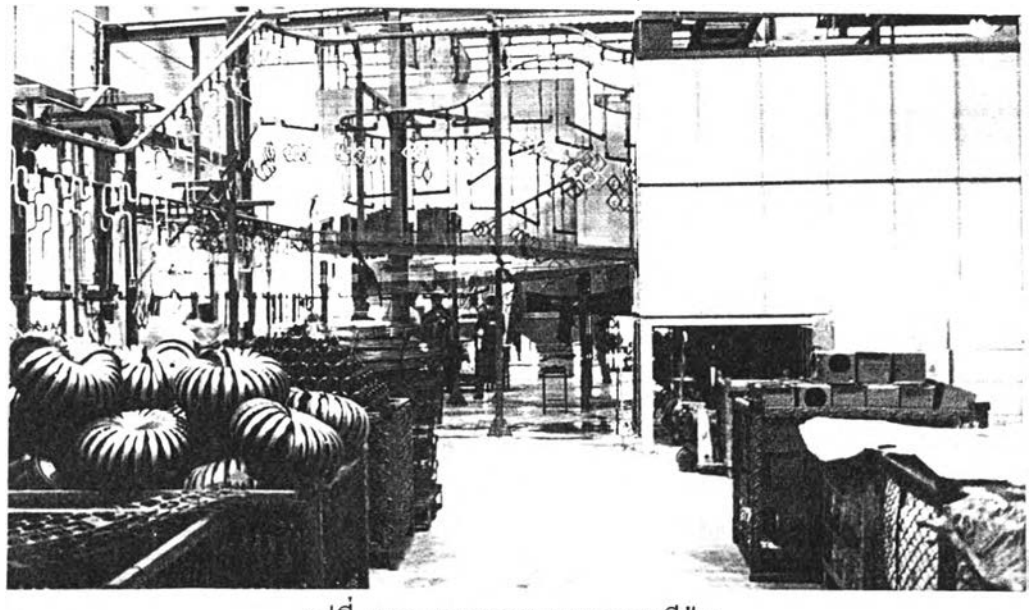
รูปที่ 3.15 แสดงภาพของเครื่องควบคุมการพ่นสีฝุ่น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>จุดเก็บชิ้นงานออกจากโซ่ลำเลียง</u>

จุดนี้มีลักษณะการทำงานคล้ายกับการเก็บชิ้นงานที่ออกจากการเคลือบฟอสเฟต แต่ต้องมีความระมัดระวังในการเก็บชิ้นงานมากกว่าการเคลือบฟอสเฟต มิเช่นนั้นชิ้นงานอาจจะมีตำหนิได้

จากการกระทบกระทั่งกัน จุดนี้สามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งได้บนโซ่ลำเลียง เพื่อความเหมาะสมในการปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวจนสามารถเก็บชิ้นงานได้ ตามรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.16 แสดงภาพของเตาอบสีฝุ่น

รูปที่ 3.17 แสดงภาพการเก็บชิ้นงานออกจากโซ่ลำเลียง

จากหัวข้อ 2.3 ในบทที่ 2 และ หัวข้อ 3.4.2 ในบทที่ 3 เมื่อนำข้อมูลมาพิจารณาในเชิงทฤษฎีเพื่อดูว่าปัจจัยที่น่าจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการพ่นสีฝุ่น น่าจะแบ่งปัจจัยกว้าง ๆ ได้เป็น 2 กลุ่มได้แก่ปัจจัยที่มาจากเครื่องจักรในกระบวนการพ่นสีฝุ่น และปัจจัยของชิ้นงานที่ได้รับการพ่นสี รายละเอียดของปัจจัยทั้ง 2 ดังกล่าวจะศึกษาได้ในบทที่ 4